

## ШУМ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ПРОБЛЕМЫ ЕГО СНИЖЕНИЯ НА ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ.

*Сафонов В.В., Богданов Ю.В., Абрамитов В.Э. Мелашин В.В., Диденко Л.М., Стрежескуров Э.Е.  
Институт непрерывного специального образования Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры*

Статья 49 Конституции Украины гарантирует право на охрану здоровья. Однако это право не всегда реализуется на практике. Такое положение обусловлено тем, что выполнение работ, связанных с реконструкцией зданий и сооружений, особенно промышленных, имеет свою специфику, что снижает эффективность борьбы с производственными вредностями традиционными методами и средствами.

В 2004-2005 годах сотрудниками ПГАСА был проведен анализ состояния безопасности труда в промышленности, который показал, что в Украине уровень смертельного травматизма по сравнению с 2003 годом снизился на 5%. В 72% случаев причины имеют организационный характер, в 17% - технический и в 11% - психофизиологический.

Анализ трудов отечественных и зарубежных ученых [1], а также проведенные нами исследования санитарно-гигиенических условий труда в условиях ремонта и реконструкции зданий и сооружений, особенно в промышленности, относящихся к различным отраслям производства Приднепровского региона и автономной республики Крым, показал, что работы в цехах этих предприятий сопровождаются вредными производственными факторами, степень воздействия которых во много раз превышает требования санитарных норм [2,3]. К таким вредностям можно отнести: запыленность, загазованность, параметры микроклимата, повышенные уровни шума, вибрации, тепловые излучения, и др. (рис.1 и табл. 1).

Численность рабочих Днепропетровской области, занятых в технологических процессах с превышением ПДК вредных воздействий, составило более 210 тыс. чел., в том числе: при повышенном уровне пыли – более 120 тыс. чел., загазованности – более 77,8 тыс.чел., вибрации – более 30 тыс. чел., шума, инфразвука, ультразвука – более 137 тыс чел., неблагоприятном микроклимате – более 87 тыс. чел., небыли защищены от действия неблагоприятных факторов природного происхождения при работе на открытом воздухе – более 35 тыс. чел., повышенной тяжести труда – около 80 тыс. чел., неудобной рабочей позы – более 73 тыс. чел..

Исследования проводились на воздействие вредных производственных факторов комплексно, а именно, анализировалось наличие вредных химических веществ, неблагоприятные метеорологические условия, лучистая теплота, недостаточное освещение, вибрация, ионизирующее излучение, электромагнитные поля, повышенная напряженность и тяжесть труда и др. Анализ показал (рис.1 и табл.1), что наиболее распространенным из всех вредных факторов обследованных производств является шум, превышающий требования санитарных норм [2] в несколь-



ко раз и присутствующий, практически, на всех рабочих местах, как в промышленности, так и в условиях строительства, ремонта и реконструкции зданий и сооружений.

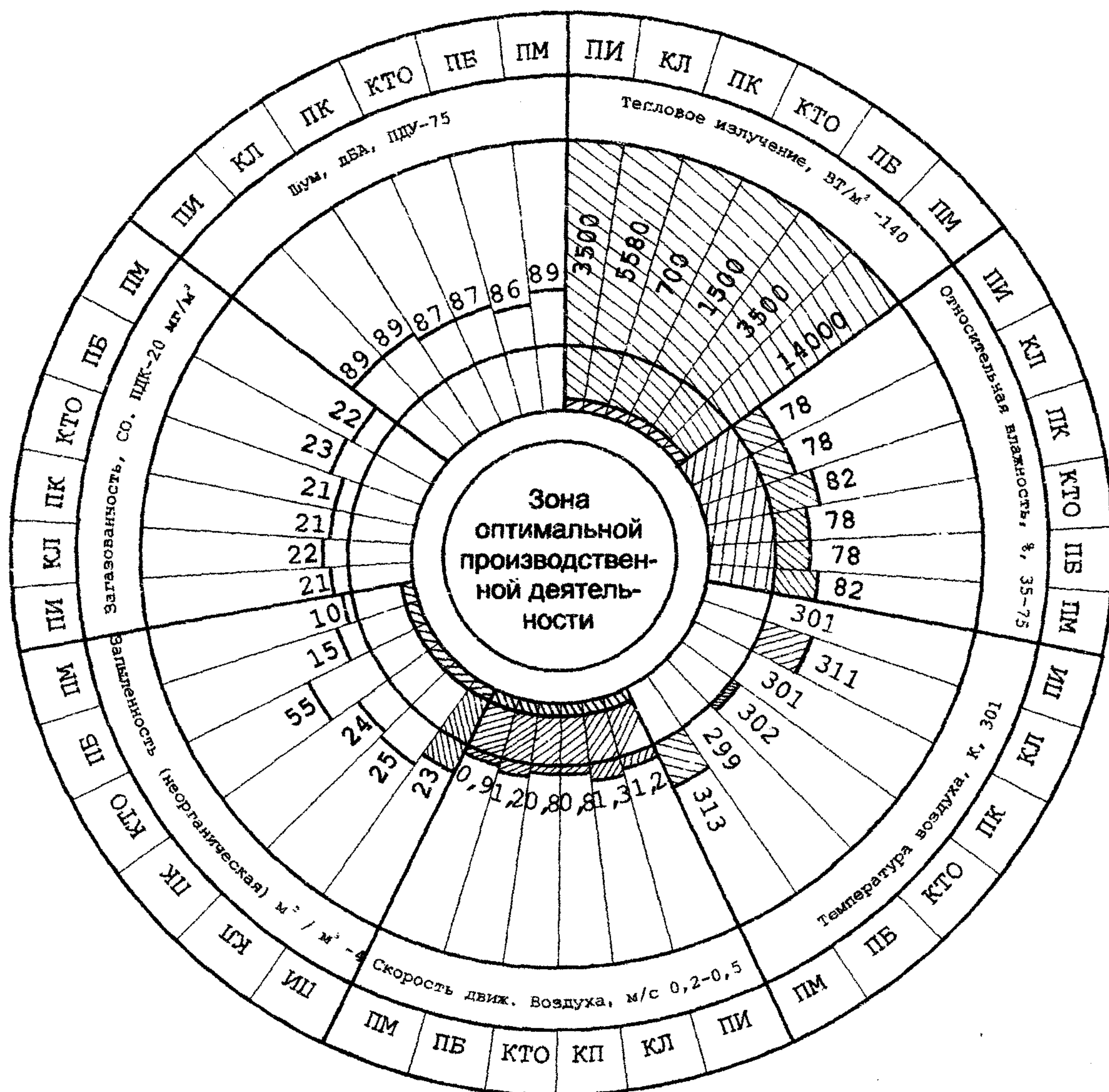


Рис. 1. Комплексная диаграмма характеристик условий труда на рабочих местах строителей при реконструкции цехов на действующих предприятиях.

(ПИ – печь обжига извести; КЛ – участок каменного литья; ПК – пропарочная камера ЗЖБИ; КТО – кузнечно-термическое отделение ЗЖБИ; ПБ – плавильные печи базальта; ПМ – плавильные печи металла)

Вредное воздействие шума на человека сегодня общепризнано и проявляется в широком диапазоне воздействий, от субъективных раздражений до объективных патологических изменений в органах центральной нервной и сердечно-сосудистой систем.

**В современном городе шум сопровождает человека практически постоянно и повсеместно.**

Результаты исследования условий труда строителей в местах реконструкции действующих цехов

Реконструируемый участок цеха	Запыленность (доломит, феррохром, углерод, мг/м <sup>3</sup> )		Загазованность воздуха СО, мг/м <sup>3</sup>		Шум, дБА		Тепловые излучения, Вт/м <sup>2</sup>		Температура воздуха, К <sup>0</sup>		Скорость движения воздуха, м/с	
	факт	ПДК	факт	ПДК	факт	ПДУ	факт	ПДУ	факт	ПДУ	факт	ПДУ
Печи обжига известня	23	4	2,8	20	89	75	3500	140	301	301	1,2	0,2-0,5
Участок литейного цеха	25	4	2,8	20	89	75	5582	140	311	301	1,3	0,2-0,5
Дропачные камеры ЗЖБИ	24	4	2,8	20	87	75	700	140	301	301	0,8	0,2-0,5
Сушильно-машинное отделение ЗЖБИ	55	4	2,8	20	87	75	1500	140	302	301	0,8	0,2-0,5
Плавильные печи базальта	15	4	11,2	20	86	75	3500	140	299	301	1,2	0,2-0,5
Плавильные печи металла	10	4	2,8	20	89	75	12600-14000	140	313	301	0,9	0,2-0,5

Он воздействует на человека не только в условиях производства, вблизи автотрассы, аэропорта, железной дороги, или в быту, но и на строительных площадках при возведении зданий и сооружений, или ремонте, реконструкции их в современных стесненных условиях городской застройки, где имеет высокие уровни и часто формирует шумовой режим целых районов.

В условиях городской «тесноты» объекты строительства, ремонта и реконструкции являются основными источниками городского шума, наносят значительный социально-экономический ущерб на оживленных территориях и в части шумозащиты требуют к себе особого внимания. Исследованием объектов, а также разработкой методов и средств снижения их акустической активности, занимаются сегодня многие специалисты в Украине и за рубежом.

В последние 10 лет, в связи с постоянно растущими объемами работ по строительству, реконструкции, разборке и ремонту зданий и сооружений проблема борьбы с шумом на прилегающих производственных и жилых территориях от строительных машин и оборудования становится все острее. Высокие темпы механизации и индустриализации строительных работ, интенсификация технологических процессов, увеличение быстроходности, производительности, мощности и мощности применяемого оборудования неизменно сопровождаются увеличением шума и вибрации.



С целью разработки эффективных методов и средств борьбы со строительным шумом торами были проведены натурные измерения акустических характеристик наиболее шумового оборудования, машин и механизмов, используемых в строительстве (табл.2).

Табл.

Шумовые характеристики оборудования машин и механизмов, используемых в строительстве

Тип машин	$L_A, \text{экв.}$ дБА <sub>экв</sub>	$R_o$ , м	$S$ , м <sup>2</sup>	$I$ , Вт/м <sup>2</sup>	$W$ , Вт
Сверлильная машина, безударная	84	1,0	12,57	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Сверлильная машина ударно-вращающегося действия	87	1,0	12,57	$5 \cdot 10^{-4}$	$6,3 \cdot 10^{-4}$
Шлифовальная машина, бороздодел	85	1,0	12,57	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$
Трамбовка	93	1,0	12,57	$2 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$
Пила, рубанок, лобзик, долбежник	85	1,0	12,57	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$
Ножницы, кромкорез, шабер	82	1,0	12,57	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Ударный гайковерт, шуруповерт, шпильковерт	90	1,0	12,57	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Строительный молоток	90	1,0	12,57	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Строительный перфоратор	101	1,0	12,57	$1,26 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$
Машина для погружения свай	>115	5	157	$>3,16 \cdot 10^{-1}$	$\sim 49,6$
Строительно-монтажный пистолет	>115	5	157	$>3,16 \cdot 10^{-1}$	$\sim 49,6$
Пневматические молотки	$\sim 110$	3	56,5	$\sim 10^{-1}$	$\sim 5,65$
Бетоносмеситель гравитационного действия	$\sim 100$	5	157	$\sim 10^{-2}$	$\sim 1,57$
Передвижной компрессор	$\sim 100$	5	157	$\sim 10^{-2}$	$\sim 1,57$
Бульдозер	$\sim 100$	5	157	$\sim 10^{-2}$	$\sim 1,57$
Трамбовочная машина, виброплита, трамбовка для мощения дорог	$\sim 100$	5	157	$\sim 10^{-2}$	$\sim 1,57$
Машина для нарезки швов в бетоне	$\sim 100$	5	157	$\sim 10^{-2}$	$\sim 1,57$
Средства малой механизации для обработки дерева, камня, бетона	$\sim 100$	3	56,5	$\sim 10^{-2}$	$\sim 0,565$
Трактор	$\sim 100$	5	157	$\sim 10^{-2}$	$\sim 1,57$
Сварочный агрегат с длинным приводом	$\sim 100$	3	56,5	$\sim 10^{-2}$	$\sim 0,565$
Агрегат свайного электропитания	$\sim 100$	3	56,5	$\sim 10^{-2}$	$\sim 0,565$
Самосвал	$\sim 90$	5	157	$\sim 10^{-3}$	$\sim 0,157$
Грузовой автомобиль, автокран	$\sim 90$	5	157	$\sim 10^{-3}$	$\sim 0,157$
Асфальтоукладчик	$\sim 90$	5	157	$\sim 10^{-3}$	$\sim 0,157$
Самоходный каток	$\sim 90$	5	157	$\sim 10^{-3}$	$\sim 0,157$
Самоходный грейдер	$\sim 90$	3	56,5	$\sim 10^{-3}$	$\sim 0,0565$
Погрузчик	$\sim 90$	5	157	$\sim 10^{-3}$	$\sim 0,157$
Экскаватор	$\sim 90$	5	157	$\sim 10^{-3}$	$\sim 0,157$
Бетононасос	$\sim 90$	3	56,5	$\sim 10^{-3}$	$\sim 0,0565$
Заглаживающий и вибрационный брус	$\sim 90$	5	157	$\sim 10^{-3}$	$\sim 0,157$
Бетоносмеситель принудительного действия	$\sim 90$	5	157	$\sim 10^{-3}$	$\sim 0,157$

Все источники шума в городах можно условно разделить на промышленные, транспортные, бытовые и строительные. На рис.2 приведены некоторые из возможных вариантов взаимного размещения источников шума и объектов защиты. Они возникают в реальных городских условиях при строительстве, реконструкции, ремонте и демонтаже зданий и сооружений в условиях сложившейся городской застройки. Здесь же представлены варианты различного взаимного расположения обозначенного источника шума (ИШ) по отношению к другим (транспортным, промышленным, бытовым и строительным), сделана попытка проследить



вклад в общую составляющую шумового режима на прилегающих территориях в зависимости от планировочных решений.



Рис.2. Варианты взаимного размещения источников шума и объектов защиты, возникающие в реальных городских условиях при реконструкции, ремонте и демонтаже зданий и сооружений

Шум машин и оборудования на строительной площадке по-своему различен как по энергии, так и по спектральному составу. Он вносит существенный вклад в акустический дискомфорт на прилегающих территориях.

В целом, комплексное воздействие вышеперечисленных источников шума (строительства, промышленности, быта и транспорта) на прилегающую территорию представляет собой шум реконструкции строительных объектов и территорий (см. рис. 2).

Сегодня, мы хотим предложить альтернативное направление шумозащиты в градостроительстве, преимущество которого заключается в относительной дешевизне его элементов и возможности многократного их использования на различных объектах. Речь идет о разработке и применении инвентарных элементов малых размеров модульного типа.

Авторами разработаны и опубликованы [4-8] рекомендации по использованию различных инвентарных приспособлений, для уменьшения шума на территориях, прилегающих к объектам строительства, реконструкции и ремонта зданий и сооружений. К ним относятся: экран-ловушка [4]; звукопоглощающая панель [5]; отражатель звука [6]; звукоизоляционный тамбур [7]; локальный экран; раструб для снижения аэродинамического шума машин.

Для получения картины распространения шума на изучаемых объектах, с целью разработки эффективных методов и средств борьбы с ним на стадии проектирования, авторами предлагается использовать метод визуализации акустических процессов путем аналогового физического моделирования [8].

Экран-ловушка (рис.3). Представляет собой сборно-разборное устройство модульного типа - двугранный острый угол, образованный поверхностью земли 1 (перекрытие) и наклонной стенкой 2 из полимерного материала.



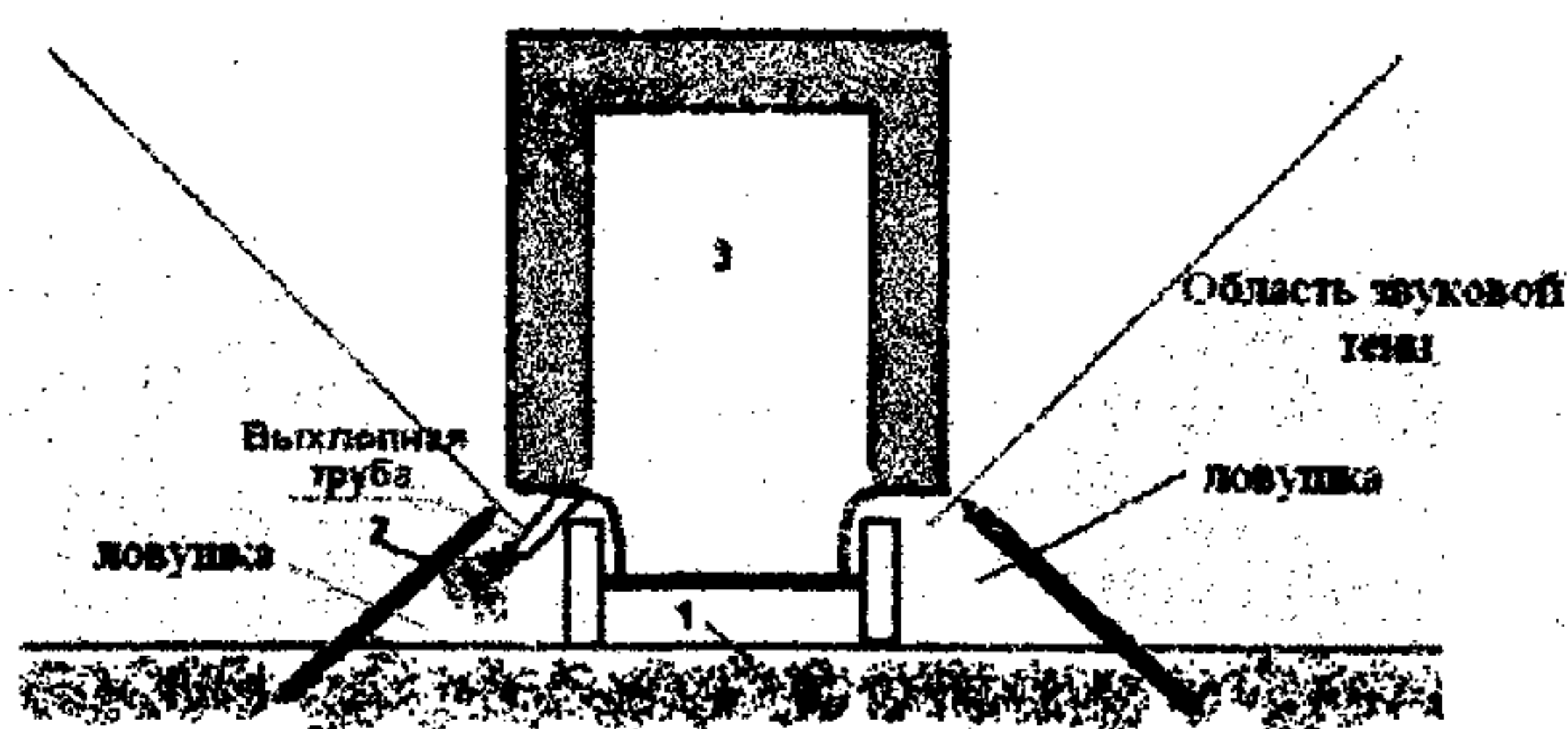
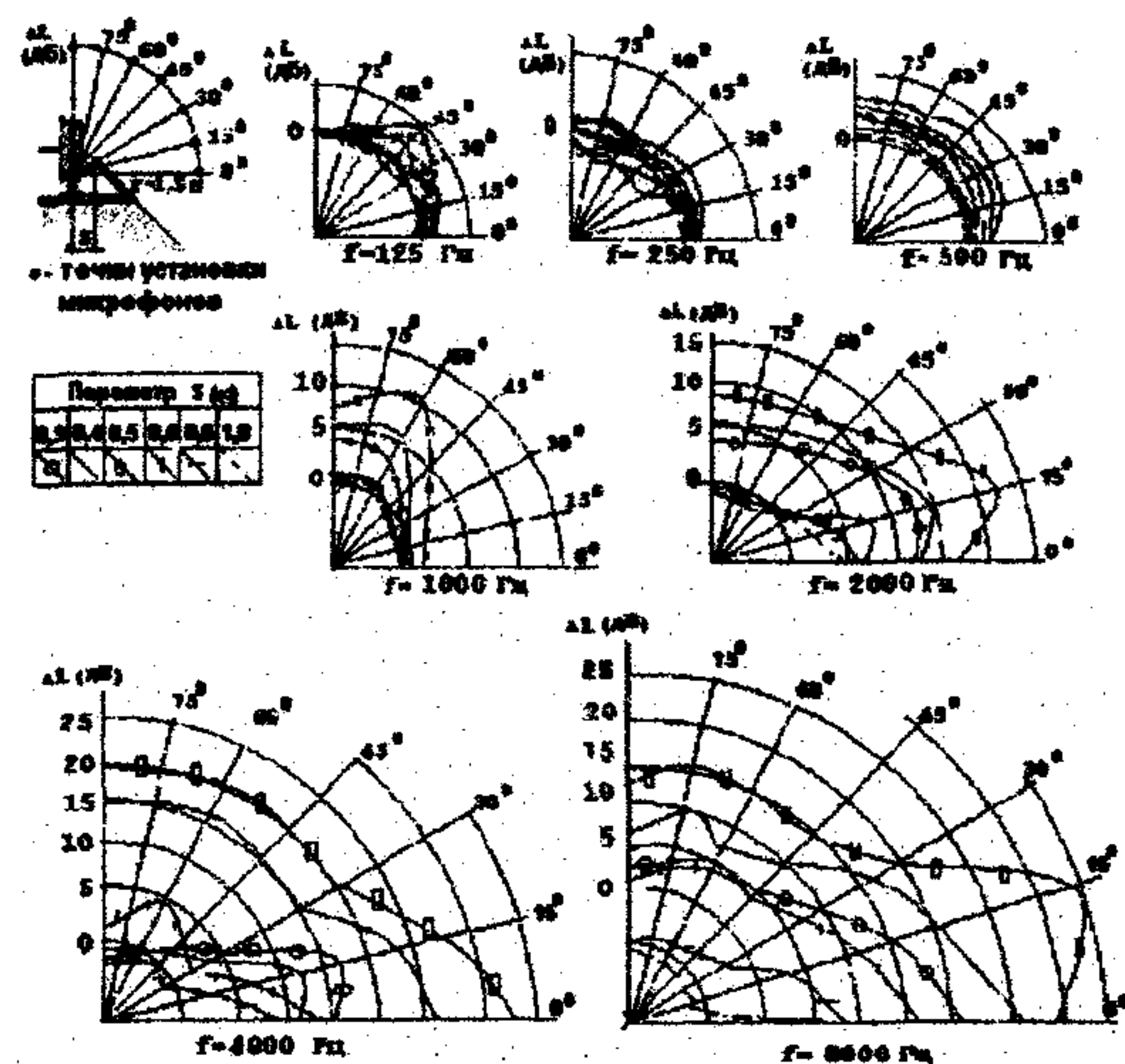


Рис. 3. Схема установки акустического экрана-ловушки возле компрессора (а),  
Эффективность при различных значениях  $S$  (б)



Экран-ловушку располагают между источниками шума, находящегося в непосредственной близости к поверхности земли (перекрытия) и объектом защиты. Внутренняя поверхность облицована слоем звукопоглощающего материала. Попав в такую «ловушку» звуковая энергия практически не отражается, а поглощается в ней, переходя в тепловую. Использование такого устройства эффективно для высоких и средних частот слышимого диапазона (рис. 3б), которые характерны для аэродинамического шума ДВС (компрессоры, насосы, копры и др).

**Звукопоглощающая панель (рис. 4).** В основу разработанного инвентарного средства защиты от шума генерируемого машинами и механизмами, установленными на исследуемых объектах, положено использование свойств звукопоглощающего материала в виде панелей, прикрепляемых на отражающих звук поверхностях зданий и сооружений

Звуковая энергия поступающая от источников шума (бетономешалки, компрессора, экскаватора, грузоподъемные крана и т.д.), попадая на нижнюю плоскость плиты лоджий 1, не отражается от нее на фасад и окна здания, а, в зависимости от величины коэффициента звукопоглощения используемого в инвентарном элементе материала, в большей или меньшей степени поглощается в слое звукопоглотителя 2, переходя в тепловую.

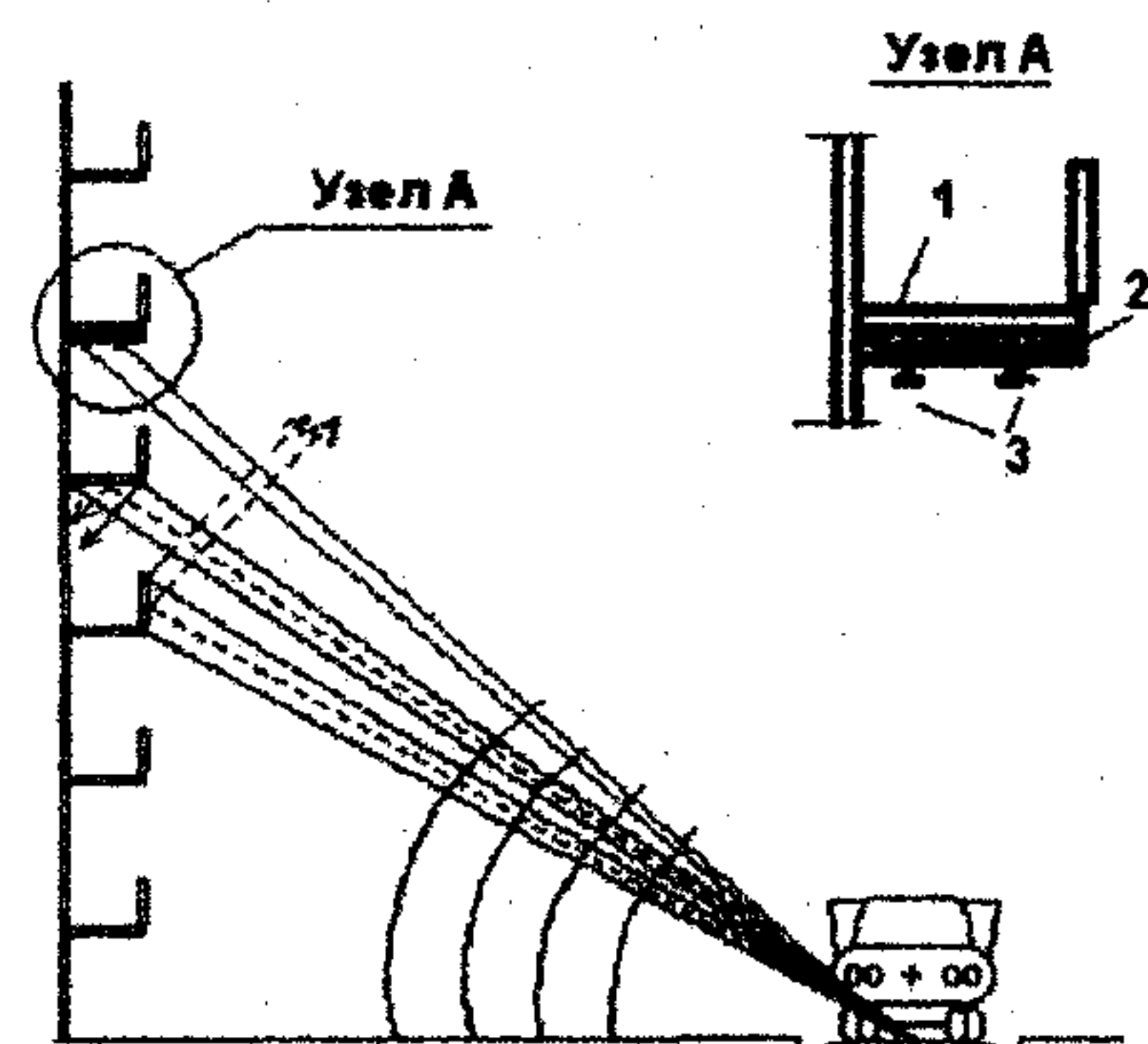


Рис. 4. Схема распространения звуковой энергии при наличии и без инвентарной звукопоглощающей панели

**Отражатель звука (рис. 5).** Уровни звука в свободном звуковом поле (без акустических преград) имеют более низкие значения, чем в пространстве, ограниченном элементами, способными отражать звуковую энергию, сгущая ее за счет сложения с прямой энергией при одних и тех же источниках звука.

Такая картина наблюдается на территориях реконструкции одного из зданий расположенных, к примеру, параллельно друг к другу.



В этом случае, генерируемый строительными машинами и механизмами шум, распространяясь в пространстве между домами, многократно отражаясь от противоположных поверхностей, как следствие, усиливается в несколько раз. В зависимости от расстояния между противоположными фасадами зданий, увеличение уровней звука в таких пространствах колеблется от 3 до 10 дБА, т.е. в 2 и более раз по энергии.

Одним из путей снижения шума в таких градостроительных ситуациях может быть устройство инвентарных отдельных элементов (фрагментов), закрепляемых на фасаде здания (например, ограждение и остекление лоджий и балконов), под углом  $\angle \alpha$  к вертикали. Величина угла  $\angle \alpha$  определяется такой, чтобы попавшая на наклонный элемент фасада звуковая энергия от источника шума, согласно лучевой теории звука, отразившись, вышла из межфасадного пространства вверх - мимо противоположного здания.

Таким образом, звуковая энергия, поступающая от источника шума, попадая на наклонную плоскость элемента фасада и, отражаясь от нее, попадает не на фасад противоположного здания, а рассеивается частично в межфасадном пространстве, а частично — над фасадом противоположного здания.

**Звукоизоляционный тамбур** (рис. 6). В шумозащитном тамбуре, который представляет собой каркас с обшивкой, выполненной в форме чехла из листового полимерного материала толщиной 2 – 3 мм с входным и выходным проемами, перекрытыми шумозащитными шторами, расположенными на расстоянии 1,0 – 1,5 м одна от другой. Тамбур работает таким образом: при передвижении человека внутри тамбура, при открытии входного проема 3, проем 4 остается закрытым шумозащитной шторой 5, которая представляет собой надежное препятствие на пути проникновения звуковой энергии. При последующем передвижении человек, выходящий из тамбура, открывает проем 4 в то время когда входной проем 3 оказывается уже закрытым шторой 5 дублирующей защитное препятствие.

Таким образом, дешевый легкоборный и разборный шумозащитный тамбур может быть использован многократно в условиях временно действующих источников шума. При этом его шумозащитная эффективность не уступает стационарным спаренным дверным блокам.

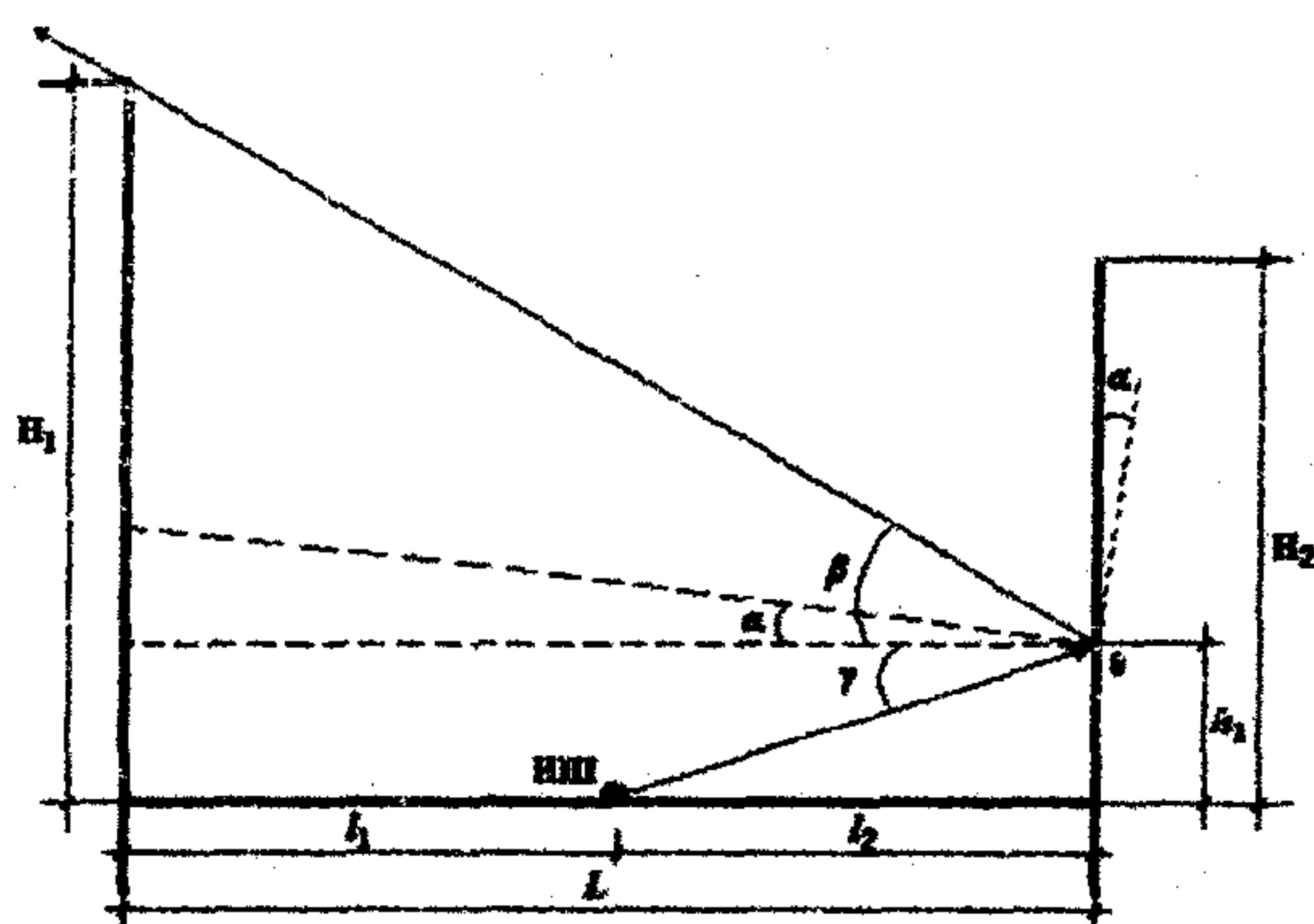


Рис. 5. Схема распространения и отражения звуковой волны при наличии наклонной инвентарной отражателя звука, расположенного на одном из зданий

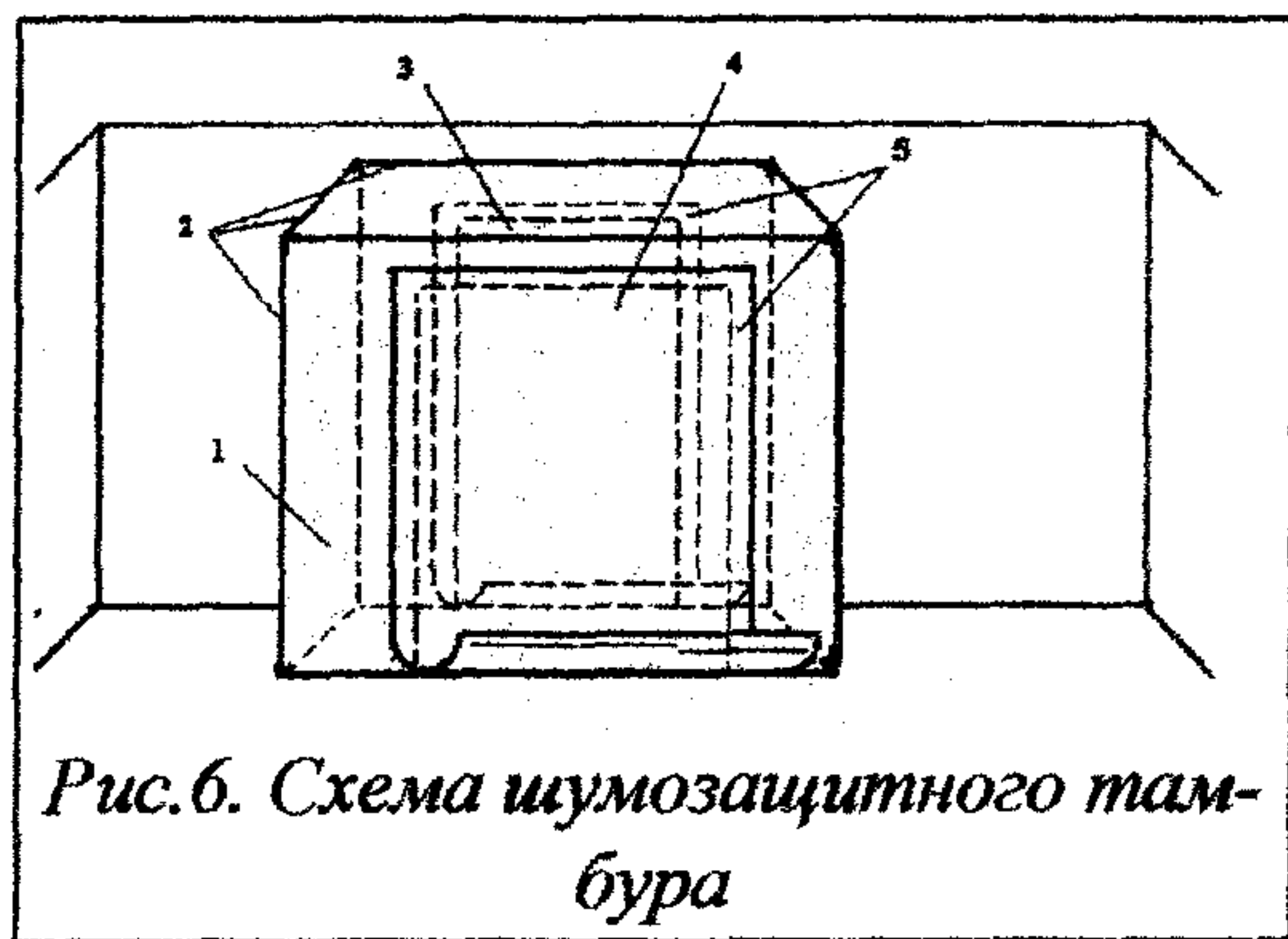


Рис. 6. Схема шумозащитного тамбура

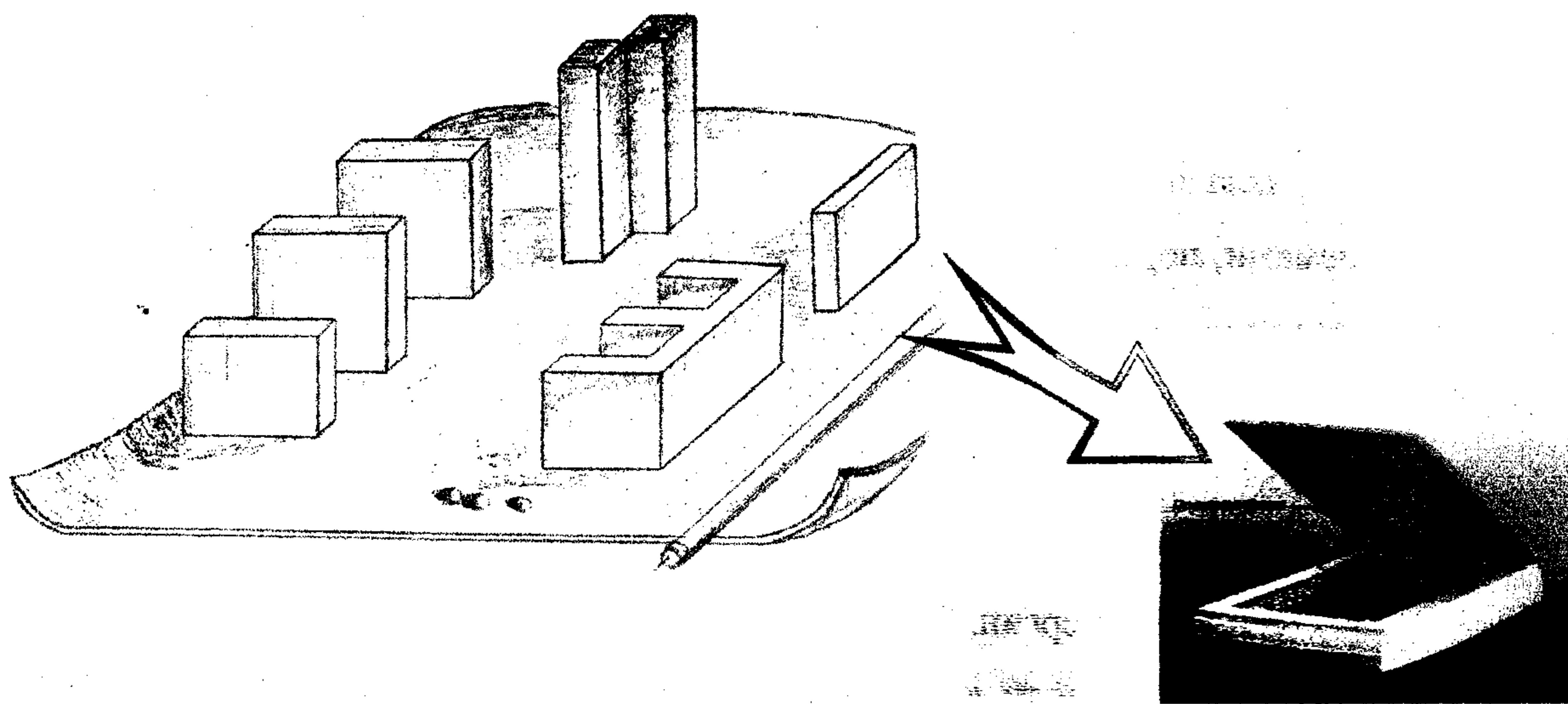


**Локальный экран.** Наиболее эффективными, среди временных средств шумозащиты на строительных площадках при реконструкции зданий и сооружений, являются локальные экраны модульного типа. Возможность варьирования их размерами и конфигурацией, в зависимости от параметров источника и особенностей решаемых задач, ставит эти инвентарные приспособления на первое место среди используемых на строительной площадке шумозащитных средств. Такие экраны, могут быть изготовлены из полимерных материалов, имея небольшую массу, быстро монтируются и демонтируются.

**Раструб для снижения аэродинамического шума машин** представляет собой уширение на окончании выхлопной трубы, двигателей внутреннего сгорания конической или цилиндрической формы. Попадая в расширенную часть выхлопной трубы отработавшие газы снижают скорость своего движения при выходе из нее, что влечет за собой существенное снижение сопровождаемого выхлоп шума. Теоретические исследования показали, что увеличение площади поперечного сечения выхлопной трубы всего на 20% позволяет снизить уровень генерируемого выхлопными газами шума на 3 дБА, т.е. в 2 раза по энергии.

**Моделирование акустических процессов на территориях, прилегающих к объектам строительства, ремонта и реконструкции зданий и сооружений** (рис. 7,8,9).

Для прогнозирования картины состояния шумового режима на жилой территории при строительстве, ремонте и реконструкции зданий и сооружений, разработана экспериментальная установка по моделированию акустических процессов распространения шума на прилегающих к исследуемому объекту территориях.



*Рис. 7. Принципиальная схема предлагаемого устройства.*

Моделирование процессов распространения звука осуществляется за счет имитации их процессами распространения света, что, как известно, адекватно для всех форм волнового движения, (то есть как для звука, так и для света происходят аналогично).



Разработанное предложение относится к измерительной технике и может найти применение при исследовании зашумленности не только территории, прилегающей к реконструируемым объектам, но и к промышленным, транспортным магистралям, как на рабочих местах в закрытых помещениях, так и на открытых площадках.

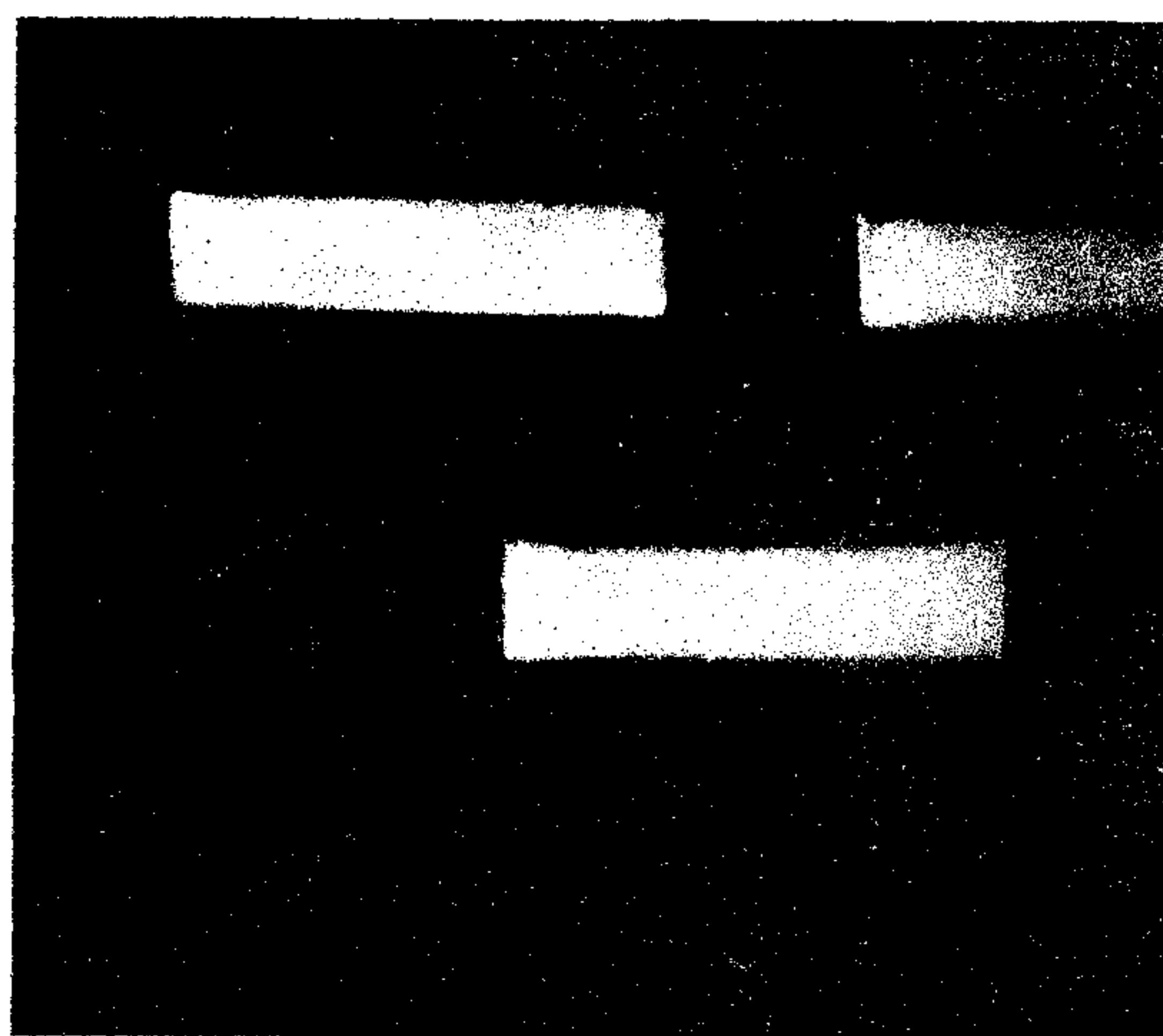


Рис.8.

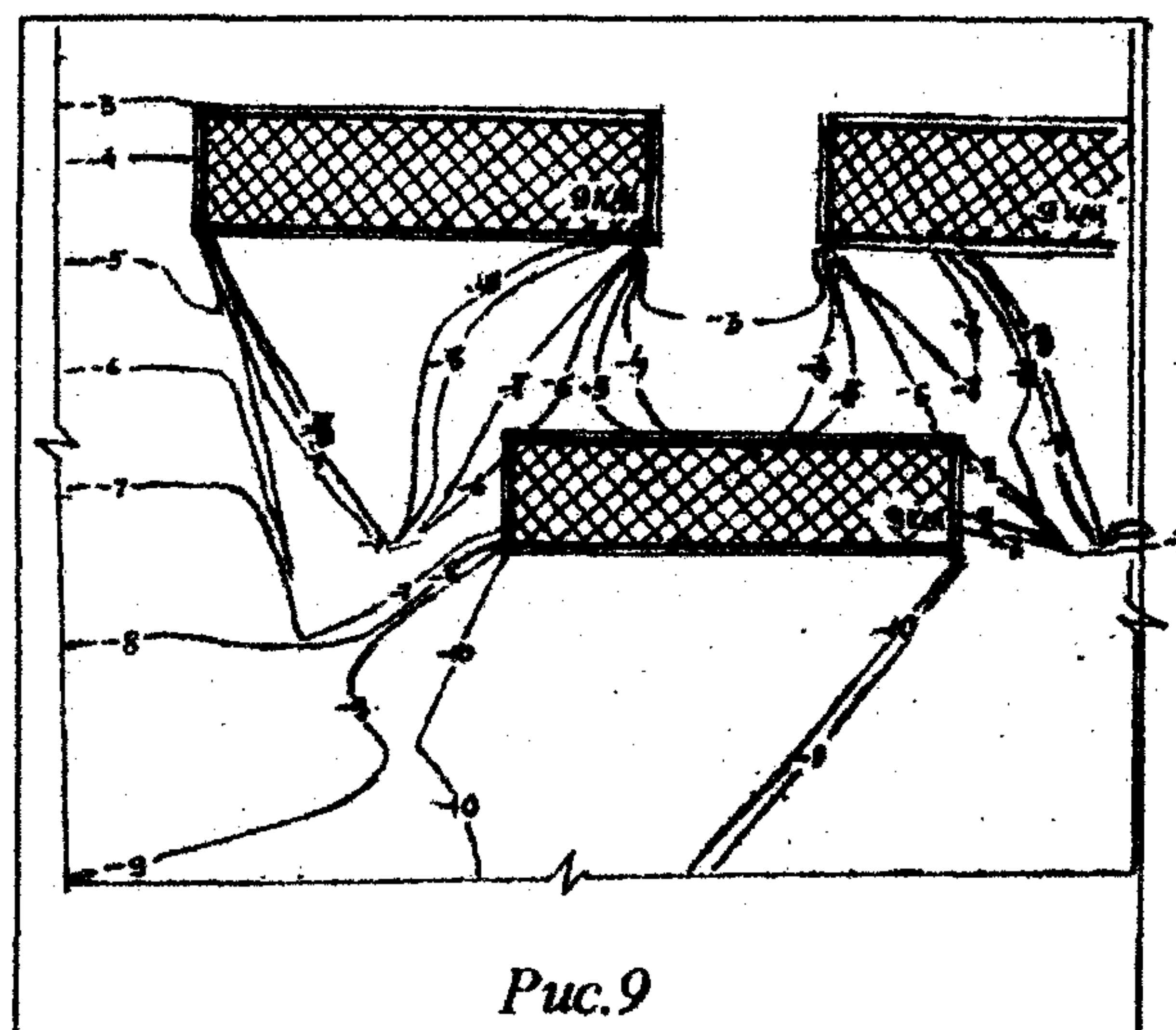


Рис.9

Перелагаемая разработка с упрощает получение информации о распределения звуковой энергии в застройке при помощи сканера (рис.8). Это позволяет снизить трудоемкость получения результатов моделирования; получение нескольких полностью адекватных друг другу распечатков результатов моделирования в ходе одного эксперимента; улучшает и упрощает возможность получения и обработки цветных изображений; обеспечивает возможность введения информации в персональный компьютер непосредственно из предлагаемого устройства, а не непрямыми методами.

На фото (рис.8) представлены результаты регистрации распределения энергии, которое моделируется, на поверхности сканера в конкретной градостроительной ситуации (негативный отпечаток). Видны зоны акустической тени от 3-х домов, которые возникают в результате интерференционных и дифракционных явлений, регрессии интенсивности звука по мере удаления от источника шума.

На рис.9 представлена карта шума для этого же участка застройки, построенная с использованием шумографа.

Оригинальность ставящейся нами задачи заключается в том, что никогда еще в истории градостроительной акустики шумозащитные решения, сооружения и их элементы не использовались временно, хотя многие из них могут и должны нести функциональную нагрузку постоянно, в зависимости от конкретики поставленной задачи.

Временный характер такие решения могут носить в том, например, случае, когда объект шумозащиты (жилой дом, лечебное, учебное учреждения, ...) возведен в акустически благоприятном районе. Здесь нарушителями тишины могут оказаться временные источники (строительство или реставрация соседнего здания, геологоразведка, возведение дамб, проходка тоннелей, отрыв каналов, строительство



станций метрополитена, рекультивация земель, временные водозаборы, усиление оползневых грунтов и многие другие объекты хозяйственной деятельности человека с привлечением строителей, транспортной и специальной техники.

По нашему мнению, сегодня нет децибелов техногенного происхождения, которые невозможно было бы "вогнать" в пределы нормируемых параметров. Вот только какой ценой это удастся сделать? Именно этот вопрос определяет сегодняшнее (принятое называть временем тяжелой экономической нестабильности) стояние или чуть заметное топтание на месте нашей отечественной градостроительной акустики. Именно этот вопрос порождает кажущуюся непреодолимой глубину антагонизма между желаемым и действительным в науке, объединяющей в Украине выдающихся ученых и талантливое молодое поколение.

Тишина сегодня нужна людям как солнце, как чистый воздух. И с этим надо что-то делать!

#### ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Журнал «Охрана труда». – К, 2004-2005 гг.
2. ДСН 3.3.6.037-99. Санитарные нормы производственного шума, ультразвука и инфразвука. – К., 27 с.
3. СН 245-85. Нормы проектирования промышленных предприятий. – М., 1986. – 120 с.
4. Спосіб захисту від шуму рейкового транспорту Деклараційний патент на винахід №68835 А G10 K11/00/ Богданов Ю.В., Сафонов В.В., Баулина А.Ю; опубл. 16.08.2004, бюл №8. – 4 с.
5. Спосіб захисту житлових будинків від транспортного шуму Деклараційний патент на винахід №69984 А E04 B1/74/ Богданов Ю.В., Сафонов В.В., Баулина А.Ю; опубл. 15.09.2004, бюл №9. – 4 с.
6. Спосіб зниження шуму від наземних джерел. Подана заявка на изобретение. - 2005. / Сафонов В.В., Богданов Ю.В. – полож. реш. о выдаче декларационного патента на изобретение.
7. Шумозахисний тамбур. Подана заявка на изобретение. - 2005. / Сафонов В.В., Богданов Ю.В. – полож. реш. о выдаче декларационного патента на изобретение.
8. Пристрій для візуалізації зашумленості міської забудови. Деклараційний патент на винахід № 69935 А G 01 H17/00/ Сафонов В.В., Абракитов В.Э., Богданов Ю. В., опубл. 05.09.2004, бюл.№9. – 8 с.